



STAND DER TECHNIK

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein mikromechanisches Bauelement mit einem Substrat, einer auf dem Substrat vorgesehenen mikromechanischen Funktionsebene, einer auf der mikromechanischen Funktionsebene vorgesehenen Abdeckebene, und einer auf der Abdeckebene vorgesehenen Leiterbahnebene. Die vorliegende Erfindung betrifft ebenfalls ein entsprechendes Herstellungsverfahren.

[0002] Unter mikromechanische Funktion soll eine beliebige aktive Funktion, z. B. eine Sensorfunktion, oder passive Funktion, z. B. eine Leiterbahnfunktion, verstanden werden.

[0003] Obwohl auf beliebige mikromechanische Bauelemente und Strukturen, insbesondere Sensoren und Aktuatoren, anwendbar, werden die vorliegende Erfindung sowie die ihr zugrundeliegende Problematik in bezug auf ein in der Technologie der Silizium-Oberflächenmikromechanik herstellbares mikromechanisches Bauelement, z. B. einen Beschleunigungssensor, erläutert.

[0004] Allgemein bekannt sind monolithisch integrierte inertielle Sensoren in Oberflächenmikromechanik (OMM), bei denen die empfindlichen beweglichen Strukturen ungeschützt auf dem Chip aufgebracht sind (Analog Devices). Dadurch entsteht ein erhöhter Aufwand beim Handling und bei der Verpackung.

[0005] Umgehen kann man dieses Problem durch einen Sensor mit der Auswerteschaltung auf einem separaten Chip, z. B. werden dabei die OMM-Strukturen mittels einem zweiten Kappenwafer abgedeckt. Diese Art der Verpackung verursacht einen hohen Anteil der Kosten eines OMM-Beschleunigungssensors. Diese Kosten entstehen durch den hohen Flächenbedarf der Dichtfläche zwischen Kappenwafer und Sensorwafer und aufgrund der aufwendigen Strukturierung (2–3 Masken, Bulkmikromechanik) des Kappenwafers.

[0006] Die Auswerteschaltung wird auf einem zweiten Chip realisiert und mittels Drahtboden mit dem Sensorelement verbunden. Dadurch entsteht wiederum die Notwendigkeit die Sensorelemente so groß zu wählen, daß die parasitären Effekte, die durch die Parasiten in den Zuleitungen und Bonddrähten entstehen, vernachlässigbar sind, daß sie keinen dominanten Einfluß auf die Sensorfunktion mehr haben. Außerdem verbieten sich wegen parasitärer Effekte Flipchiptechniken.

[0007] Solche Sensoren könnten mit wesentlich weniger Fläche für die Mikromechanik auskommen, wenn die Auswerteschaltung sich auf demselben Si-Chip befände und die empfindlichen Elektroden mit nur geringen Parasitäten angeschlossen werden können.

[0008] In der DE 195 37 814 A1 werden der Aufbau eines funktionalen Schichtsystems und ein Verfahren zur hermetischen Verkappung von Sensoren in Oberflächenmikromechanik beschrieben. Hierbei wird die Herstellung der Sensorstruktur mit bekannten technologischen Verfahren erläutert. Die besagte hermetische Verkappung erfolgt mit einem separaten Kappen-Wafer aus Silizium, der mit aufwendigen Strukturierungsprozessen, wie beispielsweise KHO-Ätzen, strukturiert wird. Der Kappen-Wafer wird mit einem Glas-Lot (Seal-Glas) auf dem Substrat mit dem Sensor (Sensor-Wafer) aufgebracht. Hierfür ist um jeden Sensorchip ein breiter Bond-Rahmen notwendig, um eine ausreichende Haftung und Dichtheit der Kappe zu gewährleisten. Dies begrenzt die Anzahl der Sensor-Chips pro Sensor-Wafer erheblich. Auf Grund des großen Platzbedarfs und der aufwendigen Herstellung des Kappen-Wafers entfallen erhebliche

Kosten auf die Sensor-Verkappung.

[0009] Die DE 43 41 271 A1 offenbart einen mikromechanischen Beschleunigungssensor, dessen Bestandteile zum Teil aus monokristallinem Material und zum Teil aus polykristallinem Material bestehen. Zur Herstellung dieses bekannten mikromechanischen Beschleunigungssensors wird ein Epitaxie-Reaktor verwendet. Eine Startschicht aus LPCVD-Polysilizium dient zur Festlegung der Bereiche, wo beim Epitaxie-Prozeß polykristallines Silizium aufwachsen soll.

VORTEILE DER ERFINDUNG

[0010] Das erfindungsgemäße mikromechanische Bauelement mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. das Herstellungsverfahren nach Anspruch 9 weisen folgende Vorteile auf. Eine monolithische Integration der Auswerteschaltung und des Sensorelements auf einem Chip ist möglich. Fehlerträchtige aufwendige Bonddrähte zwischen Sensorelement und Auswerteschaltung können entfallen. Eine Reduktion der Größe der Sensorelemente ist möglich, da weniger parasitäre Effekte in der Kontaktierung auftreten. Es muß nur noch ein Chip montiert werden. Der Prozeß baut auf den aus der P 4318466.9 bekannten OMM-Prozeß auf, der Epitaxie-Polysilizium mit mindestens 10 µm Dicke liefert. Es ergibt sich eine Vereinfachung des OMM-Prozesses, da die Strukturen von oben kontaktiert werden können. Ein Entfallen des vergrabenen Polysiliziums ist möglich.

[0011] Die Integration des Bauelementes ist weitestgehend unabhängig vom Prozeß der Auswerteschaltung, wodurch eine Anpassung an neue IC-Prozesse vereinfacht wird. Das Bauelement kann je nach Sensorprinzip auf die Größe der bisher benötigten Bondpads auf dem IC zur Kontaktierung reduziert werden, wodurch die Kosten des IC's aufgrund von zusätzlicher Fläche nicht steigen.

[0012] Nach der Erfindung ist es möglich, den Sensorchip im sogenannten Flip-Chipverfahren, also kopfüber mit eutektischen oder Goldbumps anstelle mit Bonddrähten anzuschließen, da die parasitären Einflüsse gegenüber der Zweichip-Lösung stark reduziert werden. Mit dieser Technik lassen sich auch Sensoren mit CSP (chip scale package) darstellen, bei denen die Verpackung nicht mehr als 20% größer als der Chip ist. Ein CSP-verpackter Chip kann vor der Montage vorgemessen und abgeglichen werden.

[0013] Kern der Erfindung ist die Kombination des einkristallinen und polykristallinen Wachstums während der Abscheidung der Abdeckschicht im Epi-Reaktor. Einkristallines Silizium benötigt dabei eine einkristalline Oberfläche als Ausgangsschicht, polykristallines Silizium eine polykristalline Startschicht, welche vorzugsweise durch LPCVD abgeschieden wird.

[0014] In den Unteransprüchen finden sich vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des jeweiligen Gegenstandes der Erfindung.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung weist eine erste Schicht mit der mikromechanischen Funktionsebene einen monokristallinen Bereich auf, der epitaktisch auf einem darunterliegenden monokristallinen Bereich aufgewachsen ist, sowie einen polykristallinen Bereich, der gleichzeitig epitaktisch auf einer darunterliegenden polykristallinen Startschicht aufgewachsen ist. Damit wird zweimal derselbe Epitaxieschritt in zwei verschiedenen Ebenen angewendet.

[0016] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung weist eine erste Schicht mit der mikromechanischen Funktionsebene einen monokristallinen Bereich auf, der über eine Isolatorschicht in SOI-Form mit dem Substrat gebildet ist. Dies hat den Vorteil, daß die vergrabene Polysiliziumschicht

weggelassen werden kann und ein Epitaxieschritt entfällt. Als Silizium wird vorzugsweise einkristallines, hochdotiertes und mechanisch spannungsfreies Grundmaterial verwendet.

[0017] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung enthält der monokristalline Bereich eine zweite Schicht, die über der ersten Schicht abgeschieden wird, mit ein oder mehreren integrierte Schaltungselementen einer Auswerteschaltung oder Verdrahtungselemente. Damit läßt sich eine sogenannte monolithisch integrierte Ein-Chip-Lösung erreichen.

[0018] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung weist der polykristalline Bereich der mikromechanischen Funktionsebene eine bewegliche Sensorstruktur auf.

[0019] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung weist die mikromechanische Funktionsebene eine vergrabene Polysiliziumschicht unterhalb der beweglichen Sensorstruktur auf.

[0020] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung sind in der Leiterbahnebene ein oder mehrere Flip-Chip-Anschlußelemente, vorzugsweise Gold-Bumps, vorgesehen. Dies ist eine robuste Art der Kontaktierung, die durch die im wesentlichen planare Oberfläche möglich wird.

[0021] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist das Bauelement in Silizium-Oberflächenmikromechanik herstellbar.

ZEICHNUNGEN

[0022] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0023] Es zeigen:

[0024] Fig. 1 eine schematische Querschnittsansicht eines mikromechanischen Bauelements gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0025] Fig. 2a, b eine schematische Querschnittsansicht der Herstellungsschritte des mikromechanischen Bauelements gemäß Fig. 1; und

[0026] Fig. 3 eine schematische Querschnittsansicht eines mikromechanischen Bauelements gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0027] In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Komponenten.

[0028] Fig. 1 ist eine schematische Querschnittsansicht eines mikromechanischen Bauelements gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0029] In Fig. 1 bezeichnen **1** einen Silizium-Substratwafer, **2** ein unteres Oxid, **3** vergrabenes Polysilizium, **4** ein Kontaktloch im Opferoxid **5**, **5** ein Opferoxid, **6** ein erstes Start-Polysilizium, **7** ein erstes einkristallines Silizium aus Epitaxie, **8** ein erstes Epitaxie-Polysilizium, **9** einen Isolationsgraben, **10** eine bewegliche Sensorstruktur, **11** ein erstes Refilloxid, **12** ein Kontaktloch im Refilloxid **11**, **13** ein zweites Start-Polysilizium, **14** ein zweites einkristallines Silizium aus Epitaxie, **15** ein zweites Epitaxie-Polysilizium, **16** ein elektrisches und/oder mechanisches Verbindungselement zwischen erstem und zweitem Epitaxie-Polysilizium, **17** einen Trenchgraben, **18** ein zweites Refilloxid, **19** ein Oxid zur Isolation der Leiterbahnen, **20** eine Überkreuzverbindung, **21** eine Leiterbahn, **22** ein Kontaktloch in der Leiterbahn **21** und dem Refilloxid **18** und **23** ein elektronisches Bauelement der Auswerteschaltung.

[0030] **100** bezeichnet eine mikromechanische Funktionsebene mit der beweglichen Sensorstruktur **10** – hier ein Be-

schleunigungssensor –, **200** eine Abdeckebene zur hermetischen Versiegelung der beweglichen Sensorstruktur **10** und **300** eine Leiterbahnebene.

[0031] Bei dieser ersten Ausführungsform, die in an sich bekannter Silizium-Oberflächenmikromechanik herstellbar ist, weist einerseits die Abdeckebene **200** den monokristallinen Bereich **14** auf, der epitaktisch auf dem darunterliegenden monokristallinen Bereich **7** aufgewachsen ist. Andererseits weist die Abdeckebene **200** den polykristallinen Bereich **15** auf, der gleichzeitig epitaktisch auf der darunterliegenden polykristallinen Startschicht **13** aufgewachsen ist. Mit anderen Worten werden in einem Prozeßschritt monokristallines und polykristallines Silizium nebeneinander aufgewachsen.

[0032] Der monokristalline Bereich **14** der Abdeckebene **200** enthält integrierte Schaltungselemente einer Auswerteschaltung. Illustriert ist als Beispiel ein CMOS-Transistor **23**.

[0033] Analog dazu weist die mikromechanische Funktionsebene **100** den monokristallinen Bereich **7** auf, der epitaktisch auf dem darunterliegenden monokristallinen Substratbereich **1** aufgewachsen ist, sowie den polykristallinen Bereich **8**, der gleichzeitig epitaktisch auf der darunterliegenden polykristallinen Startschicht **6** aufgewachsen ist. Dieser Prozeßschritt des simultan ein- und polykristallin aufwachsenden Si wird also sowohl für die Sensorstruktur **10** als auch für die Abdeckebene **200** durchgeführt.

[0034] Die mikromechanische Funktionsebene **100** weist die vergrabene Polysiliziumschicht **3** unterhalb der beweglichen Sensorstruktur **10** als Verdrahtungsebene auf.

[0035] Fig. 2a, b zeigen eine schematische Querschnittsansicht der Herstellungsschritte des mikromechanischen Bauelements gemäß Fig. 1.

[0036] IC-Prozesse benötigen im allgemeinen ein einkristallines Si-Substrat **1** als Ausgangsmaterial für den Prozeß. Das gilt sowohl für Prozesse mit analogen Bauelementen, die eine epitaktisch abgeschiedene einkristalline Si-Schicht benötigen, als auch für reine CMOS-Prozesse, die keine Epitaxie benötigen. Also wird bei diesem Beispiel mit einem einkristallinen Si-Wafer als Substrat **1** gestartet.

[0037] In einem ersten Schritt erfolgt eine Oxidation des Substrats **1** zur Bildung des unteren Oxids **2**. Anschließend erfolgt eine Abscheidung und Strukturierung des vergrabenen Polysiliums **3** als unterer Leiterbahnbereich. In einem folgenden Schritt wird das Opferoxid **5** abgeschieden und strukturiert. Danach erfolgt eine Abscheidung und Strukturierung des ersten Start-Polysiliums **6**, insbesondere ein Entfernen des Start-Polysiliums und des unteren Oxids **2** an Stellen, wo im späteren Epitaxieschritt einkristallines Silizium (Bereich **7** in Fig. 2a) auf dem Substrat **1** aufwachsen soll.

[0038] Danach erfolgt der Epitaxie-Schritt, in dem der monokristalline Siliziumbereich **7** zusammen mit dem polykristallinen Siliziumbereich **8** der mikromechanischen Funktionsebene **100** aufgewachsen werden. Ein weiterer Schritt ist eine optionale Planarisierung der resultierenden Struktur zum Ausgleich von geringfügigen Höhenunterschieden aufgrund des Unterbaus, der zwischen dem Substrat **1** und dem polykristallinen Siliziumbereich **8** liegt.

[0039] Wie in Fig. 2b illustriert, erfolgt dann ein Refill mit dem Refilloxid **11** und eine Strukturierung des Refilloxids **11** zur Bildung von Kontaktlöchern **12**. Als nächstes wird die zweite Start-Polysiliziumschicht **13** abgeschieden und zusammen mit dem ersten Refilloxid **11** strukturiert, insbesondere werden das zweite Start-Polysilizium **13** und das Refilloxid **11** dort entfernt, wo einkristallines Silizium (Bereich **14** in Fig. 2b) auf dem Bereich **7** aufwachsen soll. In einem darauffolgenden Prozeßschritt folgt der zweite Epita-

xieprozess, in dem gleichzeitig monokristallines Silizium im Bereich **14** und polykristallines Silizium im Bereich **15** abgeschieden werden. Wiederum optional folgt eine Planarisierung der resultierenden Deckschicht zum Ausgleich des Unterbaus zwischen dem Polysiliziumbereich **8** und dem Polysiliziumbereich **15**.

[0040] Als nächstes werden die Trenchgräben **17** im zweiten Epitaxie-Polysilizium **15** gebildet, welche zur Isolation und als Ätzlöcher zum Entfernen des ersten Refilloxids **11** dienen. Das Ätzprofil der Trenchgräben **17** kann so gewählt werden, daß sie sich nach unten hin auch aufweiten, wie in Fig. 2b angedeutet. Der obere Öffnungsdurchmesser sollte minimal gewählt werden, damit die Abscheidung des zweiten Refilloxids **18** schneller bewerkstelligt werden kann, und zwar ohne daß eine wesentliche Menge des zweiten Refilloxids **18** in die bewegliche Sensorstruktur **10** gelangt. Gewünscht ist also eine anisotrope Oxidabscheidung, und zwar möglichst nur auf der Oberfläche.

[0041] In einem folgenden Prozeßschritt erfolgt das Freiätzen der beweglichen Sensorstruktur **10** durch Entfernen des unteren Oxids **2**, des Opferoxids **5** und des ersten Refilloxids **11** durch die Ätzgräben **17**. Man könnte das Freiätzen zur besseren Kontrolle auch in zwei Schritte aufteilen, in dem man vor der Abscheidung des ersten Refilloxids **11** die unteren Oxide **2** und **5** entfernt und darin erst das erste Refilloxid **11** abscheidet. Ein wesentlicher Vorteil dieses Prozesses liegt darin, das beim Opferschichtätzen, was derzeit mit HF-Dampf erfolgt, noch keine elektronische Schaltung und Aluminium vorhanden sind, was bei dem Back-End-Prozessen nur sehr schwer und aufwendig geschützt werden kann.

[0042] Im nächsten Schritt erfolgt eine Abscheidung und Strukturierung des zweiten Refilloxids **18**, die Einstellung eines vorbestimmten Drucks und einer vorbestimmten Gasatmosphäre beim endgültigen Verschließen der Hohlräume durch das zweite Refilloxid **18**, was die Eigenschaften des eingeschlossenen Gases somit unter anderem die Dämpfung der mechanischen Sensorstruktur **10** bestimmt.

[0043] Nachdem das mikromechanische Bauelement fertiggestellt ist, kann nunmehr der IC-Prozeß, z. B. ein CMOS- oder BiCMOS-Prozess, zur Herstellung der Auswerteschaltung im monokristallinen Siliziumbereich **14** erfolgen. Danach erfolgt eine Abscheidung und Strukturierung der Leiterbahnebene **300**, insbesondere des Oxids **19** und des Leiterbahn-Aluminiums **21**. Zur Fertigstellung des Bauelements erfolgt üblicherweise ein Zersägen der Chips und eine Montage wie bei den Standard-IC-Bauelementen.

[0044] Fig. 3 ist eine schematische Querschnittsansicht eines mikromechanischen Bauelements gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0045] In Fig. 3 bezeichnen zusätzlich zu den bereits eingeführten Bezugszeichen **24** eine SOI(Siliconon Insulator)-Schicht und **25** eine Isolator(Insulator)-Schicht. Bei dieser zweiten Ausführungsform bilden also das Substrat **1**, die Isolatorschicht **25** und die monokristalline Siliziumschicht **24** eine an sich bekannte SOI-Struktur.

[0046] Bei dem derart aufgebauten Bauelement sind das untere Oxid **2**, das vergrabene Polysilizium **3**, das Kontaktloch **4** im Opferoxid **5**, das Opferoxid **5**, das erste Start-Polysilizium **6**, das erste einkristalline Silizium aus Epitaxie **7** und das erste Epitaxie-Polysilizium **8** weggelassen.

[0047] Benutzt man ein also solch einen SOI-Wafer als Ausgangsmaterial, entfallen also zahlreiche Prozeßschritte, da dann die mechanisch aktive Struktur aus dem SOI-Material **24** gebildet wird. Die gesamte Verdrahtung wird also bei dieser zweiten Ausführungsform in die Leiterbahnebene **300** verlegt.

[0048] Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend an-

hand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar.

[0049] Es können insbesondere beliebige mikromechanische Grundmaterialien, wie z. B. Germanium, verwendet werden, und nicht nur das exemplarisch angeführte Siliziumsubstrat.

[0050] Auch können beliebige Sensorstrukturen gebildet werden, und nicht nur der illustrierte Beschleunigungssensor.

[0051] Der Bereich **15** muß nicht unbedingt polykristallin sein, sondern kann rekristallisiert sein o. ä.

Patentansprüche

1. Mikromechanisches Bauelement mit:
einem Substrat (**1**);
einer auf dem Substrat vorgesehenen mikromechanischen Funktionsebene (**100**);
einer auf der mikromechanischen Funktionsebene (**100**) vorgesehenen Abdeckebene (**200**); und
einer auf der Abdeckebene (**200**) vorgesehenen Leiterbahnebene (**300**);
wobei
die Abdeckebene (**200**) einen monokristallinen Bereich (**14**) aufweist, der epitaktisch auf einem darunterliegenden monokristallinen Bereich (**7**; **24**) aufgewachsen ist; und
die Abdeckebene (**200**) einen vorzugsweise polykristallinen Bereich (**15**) aufweist, der gleichzeitig epitaktisch auf einer darunterliegenden polykristallinen Startschicht (**13**) aufgewachsen ist.
2. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mikromechanische Funktionsebene (**100**) einen monokristallinen Bereich (**7**) aufweist, der epitaktisch auf einem darunterliegenden monokristallinen Bereich (**1**) aufgewachsen ist, sowie einen polykristallinen Bereich (**8**) aufweist, der gleichzeitig epitaktisch auf einer darunterliegenden polykristallinen Startschicht (**6**) aufgewachsen ist.
3. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mikromechanische Funktionsebene (**100**) einen monokristallinen Bereich (**24**) aufweist, der über eine Isolatorschicht (**25**) in SOI-Form mit dem Substrat (**1**) gebildet ist.
4. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der monokristalline Bereich (**14**) der Abdeckebene (**200**) ein oder mehrere integrierte Schaltungselemente (**23**) einer Auswerteschaltung oder Verdrahtungselemente enthält.
5. Mikromechanisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der polykristalline Bereich (**8**) der mikromechanischen Funktionsebene (**100**) eine bewegliche Sensorstruktur (**10**) aufweist.
6. Mikromechanisches Bauelement Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die mikromechanische Funktionsebene (**100**) eine vergrabene Polysiliziumschicht (**3**) unterhalb der beweglichen Sensorstruktur (**10**) aufweist.
7. Mikromechanisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Leiterbahnebene (**300**) ein oder mehrere Flip-Chip-Anschlüsselemente, vorzugsweise Gold-Bumps, vorgesehen sind.
8. Mikromechanisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

daß es in Silizium-Oberflächenmikromechanik herstellbar ist.

9. Verfahren zur Herstellung eines mikromechanischen Bauelementes mit den Schritten:

Bereitstellen eines Substrats **(1)**;

5

Vorsehen einer mikromechanischen Funktionsebene **(100)** auf dem Substrat **(1)**;

Vorsehen einer Abdeckebene **(200)** auf der mikromechanischen Funktionsebene **(100)**;

bereichsweises Vorsehen eine Polysilizium-Startschicht **(13)** auf der mikromechanischen Funktionsebene **(100)** und bereichsweises Freilassen von einem monokristallinen Bereich **(7, 24)** der mikromechanischen Funktionsebene **(100)**;

10

epitaktisches Abscheiden eines monokristallinen Bereichs **(14)** auf dem freigelassenen monokristallinen Bereich **(7, 24)** und gleichzeitiges epitaktisches Abscheiden eines polykristallinen Bereichs **(15)** auf der polykristallinen Startschicht **(13)**; und

15

Vorsehen einer Leiterbahnebene **(300)** auf der Abdeckebene **(200)**.

20

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

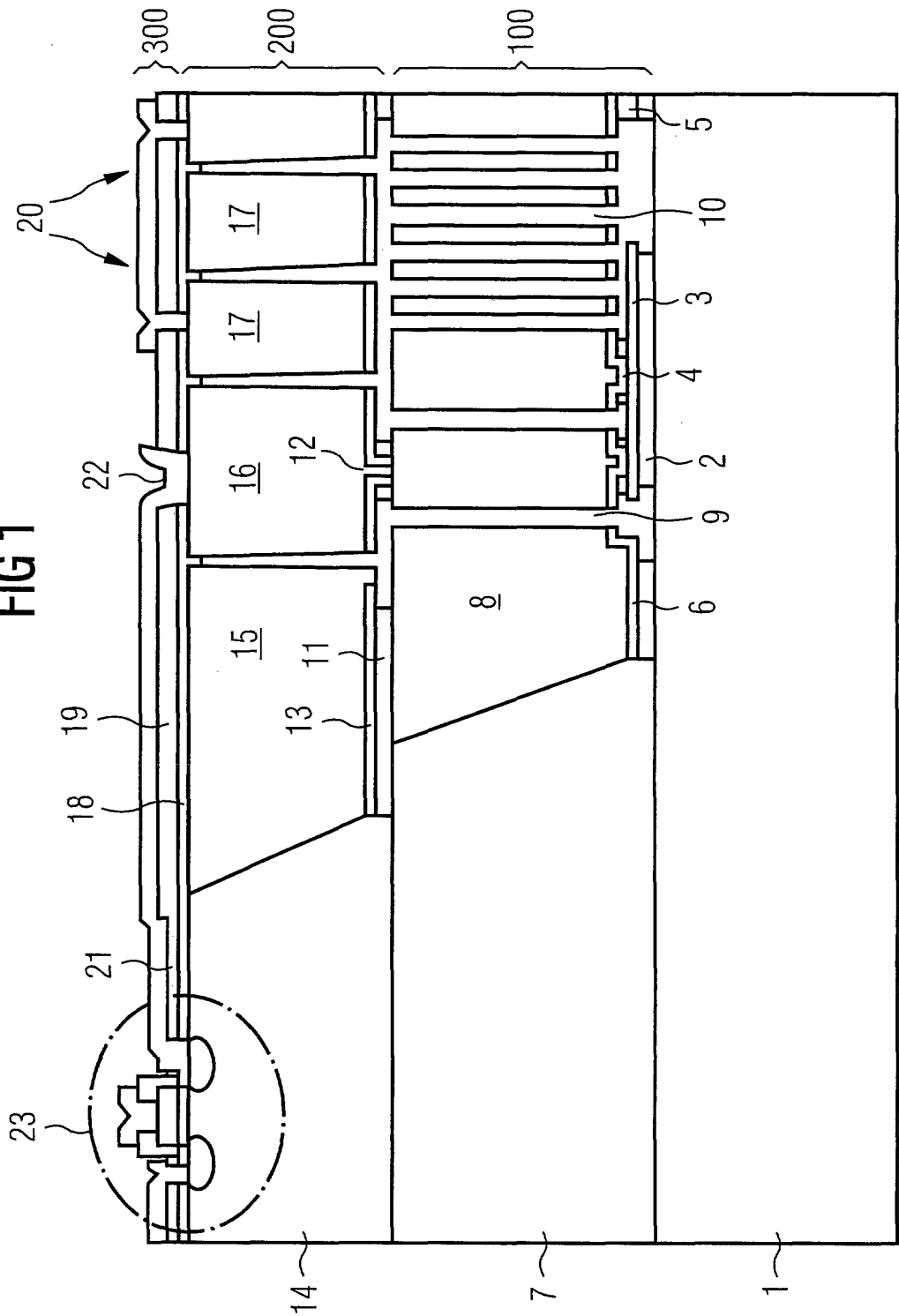
55

60

65

- Leerseite -

FIG 1



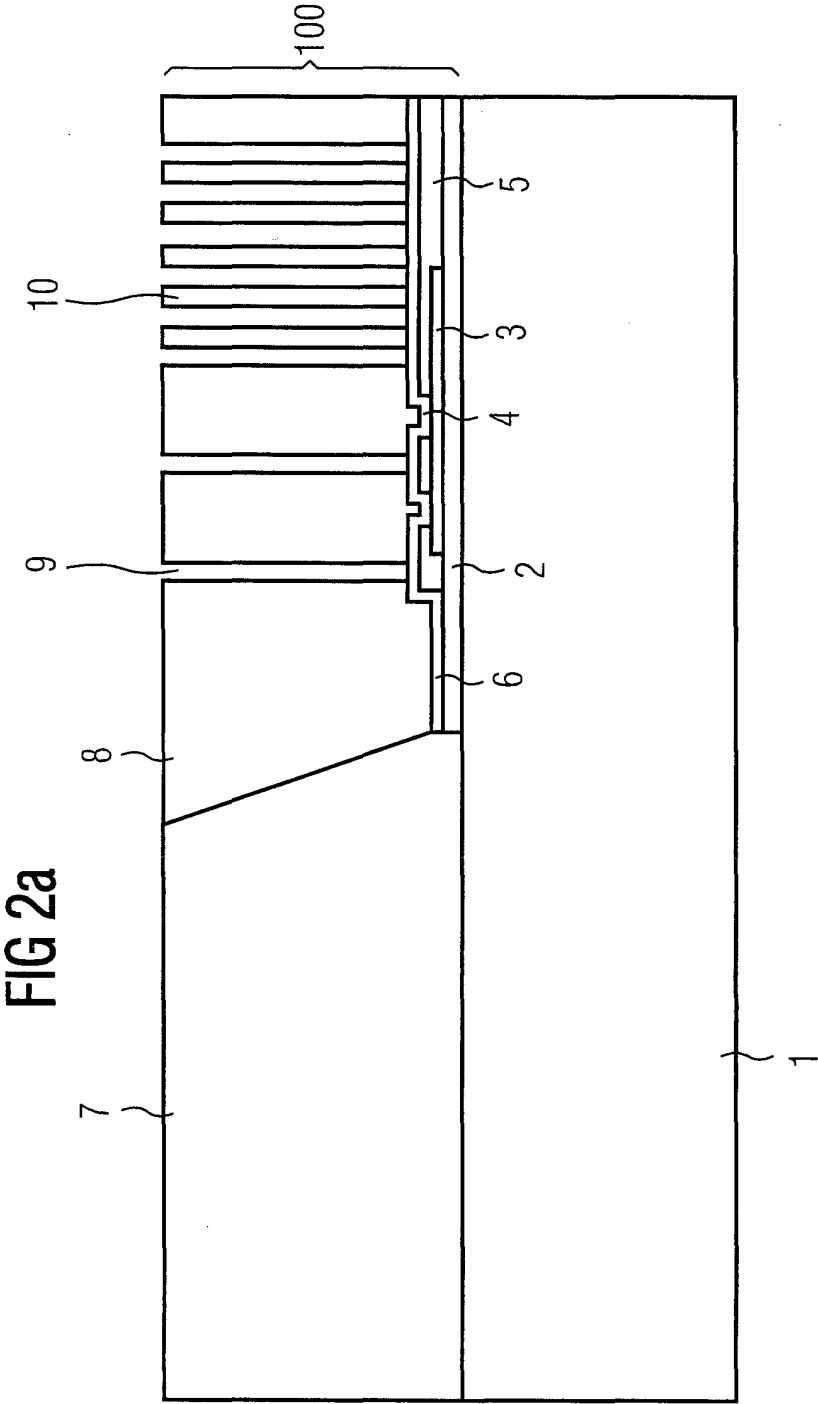


FIG 2b

